

более низкая температура деформации должна способствовать формированию большего уровня внутренних напряжений, что должно способствовать усилению анизотропии термического расширения. Также в результате деформационной обработки наблюдается смещение характерных температур мартенситного превращения в область более низких температур. Такое поведение характерно для данного объекта исследований, поскольку оно обусловлено затруднением движения в деформированной структуре дислокаций превращения, которые представляют собой мартенситные ступени атомных размеров на межфазных границах.

Визуализация единичных молекул асфальтенов, осажденных на слюду

Гилязова Гульюза Фанузовна

Шаринов Талгат Ишмухамедович

Башикирский государственный университет

Шаринов Талгат Ишмухамедович

gilyazovagulyuza@gmail.com

Многие процессы бурения скважин, добычи и транспорта нефти и нефтепродуктов связаны с трудностями, возникающими в результате неожиданного проявления физико-химических свойств нефтей [1] в разных внешних условиях. Одним из таких негативных факторов при эксплуатации трубопроводов и другого оборудования является отложение на их внутренних поверхностях твердых отложений: смолисто-парафинистых компонент и асфальтенов [2]. Все это ведет к снижению КПД работы оборудования и порче материалов. Изучив структуру молекул асфальтенов [3], можно в дальнейшей перспективе применить полученные знания для снижения негативного влияния этих отложений.

Асфальтены представляют собой хрупкие и твердые вещества черного цвета, которые имеют высокую температуру кипения. Оценить молекулярную массу молекул асфальтенов трудно, так как они самоассоциируются. В настоящий момент их молекулярный вес колеблется в диапазоне 500-2000 г/моль. Асфальтены переходят в вязкое пластическое состояние при температурах 200-300 °С, а при более высоких температурах они разлагаются и выделяют жидкие углеводороды, газ и нерастворимый в обычных растворителях твердый коксовый остаток. Известно, что в составе асфальтенов содержится основное количество солей, золообразующих компонентов, металл-, азот-, кислород- и серосодержащих соединений.

В докладе будут представлены результаты исследования органических молекул, в частности нефтяных асфальтенов, с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ). Был выбран полуконтактный режим работы микроскопа и были получены АСМ-изображения асфальтенов, растворенных в толуоле и адсорбированных в виде тонкой пленки на поверхности подложки. В качестве подложки применяли свежий скол слюды. При разработке методики приготовления образцов асфальтена перед нами ставилась задача нахождения оптимальной концентрации асфальтенов в толуоле, при которой на АСМ-изображении можно идентифицировать надмолекулярную структуру или отдельную молекулу асфальтенов. Учитывая результаты других исследователей [4], было решено использовать рабочий раствор с концентрацией асфальтенов в толуоле меньше или равно 0,1 г/л. Небольшие объемы рабочего раствора различной концентрации мы наносили на подложку так, чтобы получалась пленка. Кроме варьирования концентрации асфальтенов в растворе толуола, мы изменяли некоторые другие параметры эксперимента с целью получения наиболее качественных АСМ-изображений.

Метод нанесения пленки асфальтенов на подложку заключался в следующем: гидрофобную подложку опускали в плоский сосуд с дистиллированной водой, затем на поверхность воды с помощью дозатора наносили каплю раствора асфальтена. После того, как раствор образует на поверхности воды нанослой асфальтенов, не задевая пленку, с помощью пинцета зацепляли подложку с краев и поднимали ее движением вверх сквозь образовавшуюся на воде пленку асфальтенов.

Экспериментально проверяли два случая: в первом подложка была ориентирована в пространстве вертикально, во втором - горизонтально. Затем извлеченную подложку сушили на воздухе в течение нескольких часов до полного высыхания с образованием пленки асфальтенов. После чего полученный образец исследовали методом АСМ.

На полученном АСМ-изображении (рис. 1а) наблюдаются объекты разной формы и разных геометрических размеров, являющиеся, по нашему мнению, кластерами молекул асфальтенов, а самые малые из них – единичными молекулами. Большая часть малых объектов имеют приблизительно одинаковые размеры. Их высота была в пределах $1,5 \pm 0,14$ нм, а ширина $26,2 \pm 1,93$ нм. В качестве примера приведен профиль сечения по одному из таких объектов (рис. 1б). Анализируя профиль сечения, можно сказать, что данный кластер имеет высоту 1,37 нм, ширину 26 нм. В результате работы были четко визуализированы кластеры и

единичные молекулы асфальтенов, самые малые из которых были детально проанализированы, определены их геометрические размеры.

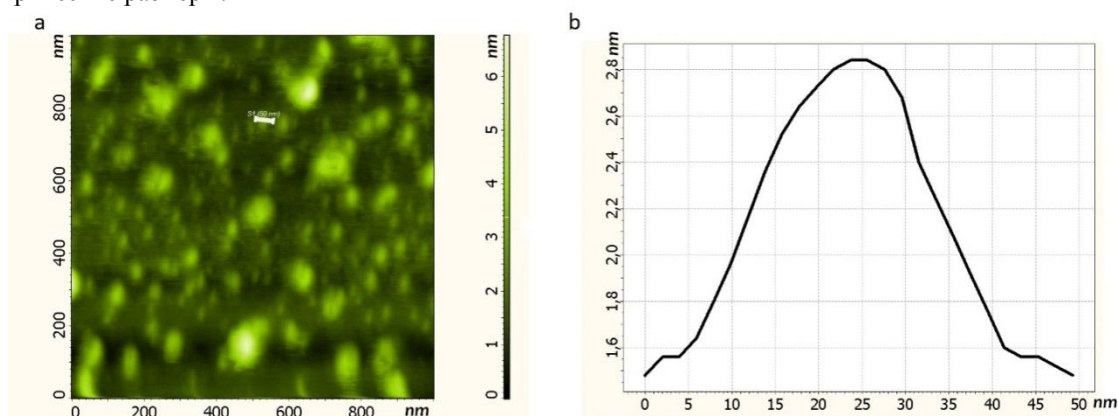


рис. 1. а) АСМ-изображение пленки асфальтенов; б) профиль сечения, выполненный по линии, показанной на рис. 1а

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-42-020616 и проекта № AP05132165 Республики Казахстан.

Список публикаций:

- [1] Барская Е.Е., Ганеева Ю.М., Юсупова Т.Н., Охотникова Е.С., Романов Г.В. Роль различных типов асфальтенов в формировании структуры высоковязких нефтей // *Химия нефти и газа*. Томск: Изд-во ИОА СО РАН. 2015. С 454-460.
- [2] Edo S. Boek., Thomas F. Headen, Johan T. Padding Multi-scale simulation of asphaltene aggregation and deposition in capillary flow // *J. The Royal Society of Chemistry*. 2010. № 144. P. 271-284.
- [3] Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З., Доломатов М.Ю., Шуткова С.А., Нурахметов Т.Н., Салиходжа Ж.М. и Бадретдинов Б.Р. Исследование надмолекулярной структуры нефтяных асфальтенов. // *Бутлеровские сообщения*. 2019. №3. Т.57. С. 99-104.
- [4] Доломатов М.Ю., Шуткова С.А., Шарипов Т.И., Бахтизин Р.З., Ишниязов З.З., Нурахметов Т.Н., Салиходжа Ж.М. Особенности молекулярной и надмолекулярной структуры наночастиц нефтяных асфальтенов. // *Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ*. 2019. №1(126). С. 23-32.

Сравнительная характеристика результатов плазменного распыления тонких эпитаксиальных пленок селенида свинца, теллурида свинца и селенида свинца-олова вблизи порога

Гусева Ксения Евгеньевна

Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова

Зимин Сергей Павлович, д.ф.-м.н.

kсениаg96@mail.ru

Известно, что плазменная обработка поверхности многокомпонентных материалов низкоэнергетичными ионами приводит к специфическим эффектам наноструктурирования. В работах [1-3] нами были показаны необычные результаты плазменного распыления некоторых материалов из семейства халькогенидов свинца. При травлении эпитаксиальных пленок $\text{PbSe}/\text{CaF}_2/\text{Si}(111)$ и $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}/\text{CaF}_2/\text{Si}(111)$ ($x=0,03$) наблюдалось формирование полых свинцовых микронных и субмикронных структур. Целью данной работы явилось продолжение исследований на примере пленок теллурида свинца и сравнение полученных результатов с результатами предыдущих работ.

Исследования проводились на эпитаксиальных пленках теллурида свинца $\text{PbTe}/\text{CaF}_2/\text{Si}(111)$. Плазменное распыление образцов проводилось в реакторе высокоплотной плазмы высокочастотного (ВЧ) индукционного разряда низкого давления при следующих параметрах установки: ВЧ-мощность индуктора 800 Вт, рабочее давление 0,07 Па, ВЧ-мощность смещения на электроде-подложкодержателе - 0 Вт, времена обработки 60, 120, 180 и 240 с. При таком режиме работы реактора энергия налетающих ионов аргона составляла 20-25 эВ.

Поверхность образца теллурида свинца в исходном состоянии имела однородный рельеф с треугольными ямками выхода дислокаций с латеральными размерами до 200 нм. При обработке образца $\text{PbTe}/\text{CaF}_2/\text{Si}(111)$ в течение 60 с на поверхности произошло однородное наноструктурирование с формированием частиц квазисферической формы со средними размерами 20 нм и поверхностной плотностью $1,8 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$. На рис.1 показана сравнительная временная динамика модификации рельефа поверхности пленок PbSe , $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ ($x=0,03$) и PbTe после проведения плазменной обработки в течение 120-240 с.